

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Ruido en la Industria Textil: Investigación Sobre Técnicas de  
Reducción del Ruido**

**Yarick Santiago Méndez Fueres**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

Quito, 22 de diciembre de 2020

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Ruido en la Industria Textil: Investigación Sobre Técnicas de Reducción  
del Ruido**

**Yarick Santiago Méndez Fueres**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Pablo Fernando Dávila, Ph.D.**

Quito, 22 de diciembre de 2020

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Yarick Santiago Méndez Fueres

Código: 00122121

Cédula de identidad: 1003992565

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2020

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

Este trabajo realizado va dedicado en primer lugar a Dios nuestro creador, por haberme dado suficiente apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo, en especial a mi esposa y a mi hija que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar esta meta. También dedico este proyecto a toda la familia Méndez Fueres, quienes creyeron en mí y mostraron sinceros deseos de éxito en mi vida.

Agradezco a mi madrina Dianca Noser y Regula Villeger, quienes me han brindado motivación y apoyo económico para hacer realidad este sueño. A mi director del proyecto Pablo Dávila, por motivar y guiarme durante la elaboración de mi trabajo de fin de carrera. También agradezco al Programa de Diversidad Étnica y Departamento de Ingeniería Industrial, por su tiempo prestado para aclaración de dudas y sobre todo por la sincera amistad otorgada en toda mi época universitaria.

## RESUMEN

El ruido es uno de los desafíos más serios en la industria textil, reconocido como un riesgo ocupacional crucial para los trabajadores. El presente estudio analizó a través de revisión literaria, técnicas de control del ruido en la fuente de industrias textil y propone métodos de control y mitigación para reducir niveles de ruido. Se identificó aquellas técnicas sugeridas en la literatura que pudieran ser implementadas frente a la realidad del Ecuador y la industria objeto del presente estudio en función de disponibilidad y costos. Adicionalmente, el presente trabajo propone alternativas de manejo del ruido a través de combinar materiales en función de sus propiedades acústicas. Los resultados de la investigación mostraron que los materiales acústicos como espuma de poliestireno con alfombra de bucle y baldosas acústicas reducen significativamente el nivel del ruido, mejorando las condiciones de salud en los trabajadores. Por lo anterior expuesto, se demostró que la combinación de algunos materiales de fácil acceso y costo reducido, facilitan el reducir considerablemente los niveles del ruido de equipos en la industria textil nacional.

**Palabras clave:** Control ruido, Barrera parcial, Ruido fuente, Material acústico, Absorbente, Técnicas reducción, Industria textil.

## ABSTRACT

Noise is one of the most serious challenges in the textile industry, and it is recognized as a crucial occupational hazard for workers. The present study analyzed through literary review, noise control techniques that can be applied in textile industries, and proposes control and mitigation methods to reduce noise levels. The techniques suggested in the literature, that could be implemented in the face of the reality of Ecuador and the industry, have been identified and organized based on availability and costs. Additionally, the present work proposes alternatives for noise management through combining materials based on their acoustic properties. The research results showed that acoustic materials such as polystyrene foam with loop carpet and acoustic ceiling significantly reduce noise levels, improving the health conditions of workers. Due to the foregoing, it was shown that the combination of some materials of easy access and reduced cost, facilitates considerably reducing the noise levels of equipment in the national textile industry.

**Key words:** Noise control, Partial barrier, Noise source, Acoustic material, Absorbent, Reduction techniques, Textile industry.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>11</b>
<b>Problemática .....</b>	<b>12</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivo .....</b>	<b>14</b>
<b>Desarrollo del Tema.....</b>	<b>15</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>15</b>
Revisión Sistemática de Literatura (SRL) .....	15
Método de Análisis de Información.....	21
<b>Propuesta de materiales acústicos.....</b>	<b>23</b>
Uso de materiales absorbentes en las vías de propagación del sonido.....	25
Uso de barreras parciales frente a la fuente .....	25
Costo de implementación material propuesto.....	27
<b>Discusión.....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>30</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>31</b>
<b>Anexo A: Propiedades de los materiales acústicos sugeridos en la literatura.....</b>	<b>34</b>
<b>Anexo B: Matriz de Comparación de materiales asequibles frente a restricciones de materiales acústicos.....</b>	<b>35</b>
<b>Anexo C: Vidrio laminado de PVB.....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo D: Tabla de costo de implementación de techo acústico .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo E: Tabla de costo de implementación de barrera parcial.....</b>	<b>37</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales adecuados y fáciles de adquisición acorde al medio local .....	22
--	----

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Proceso de revisión sistemática de la literatura .....	14
Figura 2. Diagrama prisma filtro de búsqueda .....	15
Figura 3. Diseño de techo acústico .....	24
Figura 4. Diseño de la barrera parcial frente a la fuente de sonido .....	25

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La primera revolución industrial tuvo grandes progresos, en especial en el área textil con la llegada de máquinas industriales, la aparición de éstas ocasionó un incremento considerable de accidentes y enfermedades causadas por la exposición inadecuada al ruido, como pérdida de audición. Por ello, en el siglo XIX se realizaron las primeras inspecciones gubernamentales, dictándose la primera ley en Seguridad e Higiene del Trabajo, que permite regular riesgos ambientales como el ruido (Bavaresco, 2019).

Uno de los principales peligros de la industria textil en relación a la Seguridad y Salud Ocupacional es la contaminación acústica, que puede producir sordera profesional o hipoacusia de forma temporal e incluso permanente, dependiendo del tiempo de exposición, la intensidad y la frecuencia (Hz) del ruido. Además, la exposición a altos niveles de ruido provoca trastornos psicológicos como estrés, ansiedad y disfunción mental (Shabani et al., 2019). Del mismo modo, la Resolución C.D. 513 del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), considera que las enfermedades causadas por agentes físicos como el ruido son: pérdida auditiva, sordera completa, sordera incompleta y pérdida o deformación del pabellón de la oreja (IESS, 2016).

Según estadísticas levantadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), alrededor de 115 mil personas laboran directamente en las empresas de textil, llegando a ser el segundo sector manufacturero que más mano de obra emplea, después del de alimentos y bebidas (AITE, 2018; INEC, 2012). La industria textil ecuatoriana representa el 29% del total de empresas manufactureras del país, siendo prioritaria a considerar la seguridad y salud de los trabajadores, particularmente en relación al ruido (Ordoñez, 2015).

El estudio realizado por Gómez en una industria textil del Ecuador determinó que, de una muestra de 119 trabajadores, el 43% de los trabajadores perciben riesgo de enfermedad por

exposición al ruido como “alto”, y el 36,1% como “muy alto”. Estos riesgos se evidencian, debido al alto nivel de ruido emitido por la maquinaria pesada y por el número de trabajadores expuestos, que a su vez puede provocar la pérdida de audición (Gómez et al., 2013).

### **Problemática**

El reglamento de seguridad y salud de los trabajadores de la República del Ecuador, en el Art. 55, inciso 6, de Ruidos y Vibraciones, estipula que el nivel de ruido no supere 85 (dBA), para una exposición de 8 horas en el ambiente laboral (DE 2393, 1986). Sin embargo, la evaluación del Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) afirma que el sector industrial emite sonidos con mayor intensidad desde la fuente, causando contaminación acústica a la población (MAE, 2017). Una de las industrias con mayor cantidad de trabajadores expuestos a riesgos laborales es la industria textil, siendo el ruido uno de los factores que más afecta su seguridad y salud durante la jornada laboral (Gómez et al., 2013). En la industria textil, el ruido es generado principalmente por maquinarias como: telares, máquina de hilar, máquina de tejer, máquina circular y máquina lizo (Hashemi, 2014; Perlikowski, 2005; Talukdar, 2001). El ruido en estas máquinas se genera por las piezas que se mueven a alta velocidad y por los golpes que existen entre diferentes piezas de las mismas, lo cual genera niveles de ruido que pueden llegar a 110 (dB), lo cual superaría la norma nacional y podría provocar riesgos de pérdida auditiva en los trabajadores (Ejigu, 2019).

De acuerdo a Creus (2011), “el aumento de la mecanización en los puestos de trabajo y la incorporación de nuevas tecnologías ha provocado una mayor contaminación sonora en el ambiente laboral. Esto implica la pérdida de la capacidad auditiva”. Adicionalmente, según Jayawardana (2014), las máquinas utilizadas en la fábrica textil emiten altos niveles de ruido debido a su funcionamiento frecuente, y operación a altas velocidades de componentes mecánicos. Por esta razón, es importante considerar medidas preventivas que ayuden a

establecer un ambiente de trabajo cómodo y, con ello, mejorar la calidad de vida en los seres humanos (Salazar, 2012).

El propósito del presente trabajo es buscar soluciones de fácil acceso y costo, que permitan reducir los niveles de ruido provocados por la maquinaria usada en la industria textil. Según Virginis (2015), en su estudio de prevención contra el ruido en el ambiente de trabajo, señala que la actividad de prevención a los riesgos ocupacionales no consiste solamente en el uso de los equipos de protección personal (ej. protectores auriculares). Por el contrario, se debe procurar en primer lugar aislar a los trabajadores del riesgo, teniendo como objetivo contrarrestar el ruido en la propia fuente. Una de las alternativas para mitigar el ruido y salvaguardar la salud de los trabajadores, es a través de la implementación de barreras acústicas directamente en las fuentes fijas (Esquerdo, 2015). Otra alternativa de control de ruido en la fuente es a través de la instalación de techo acústico como absorbente de sonido transmitido por el aire (Jayawardana, 2014).

El presente estudio parte con la necesidad de identificar los tipos de materiales acústicos adecuados, para mitigar el ruido en fábricas de textil. En paralelo, busca determinar en qué medida los materiales acústicos ayudan a reducir el nivel de presión sonora en la industria textil, y cuáles son sus potenciales beneficios en los trabajadores. Adicionalmente, el presente estudio expone distintos tipos de materiales que pueden ser implementados para el control de ruido en fuentes de sonido de maquinarias de la industria foco del mismo. Además, la investigación se enfocó en analizar si los materiales sugeridos en la literatura son de fácil acceso y pueden ser adaptados al medio local.

## **Justificación**

El presente trabajo busca entender los tipos de materiales acústicos efectivos para regular, mitigar o eliminar el nivel de ruido. Además, se proporciona información referente sobre los beneficios que acarrea la aplicación de materiales acústicos en el sector textil.

Los resultados del presente estudio tienen como propósito, proporcionar una guía que facilite la toma de decisiones para mejorar las condiciones del entorno laboral en lo que se refiere a emisiones de ruido, contribuyendo a una mejor calidad de vida en los trabajadores de empresas industriales.

## **Objetivo**

Investigar e identificar distintos tipos de materiales aislantes acústicos que sean al mismo tiempo eficientes y asequibles al medio local, mediante revisión literaria y método de análisis de información, para aminorar, mitigar o eliminar el nivel de ruido superior a 85 (dB) en las industrias textiles.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Metodología

Se realizó una revisión sistemática de literatura y se aplicó el método de análisis de información para recopilar datos adecuados que permitan identificar materiales y soluciones que puedan ser aplicados a la realidad de países como Ecuador, que faciliten el control de ruido en la industria.

### Revisión Sistemática de Literatura (SRL)

La SRL fue desarrollada por Brereton, et al., & Pollock, y consta de 7 pasos para el proceso de síntesis de información que muestra en la Figura 1.

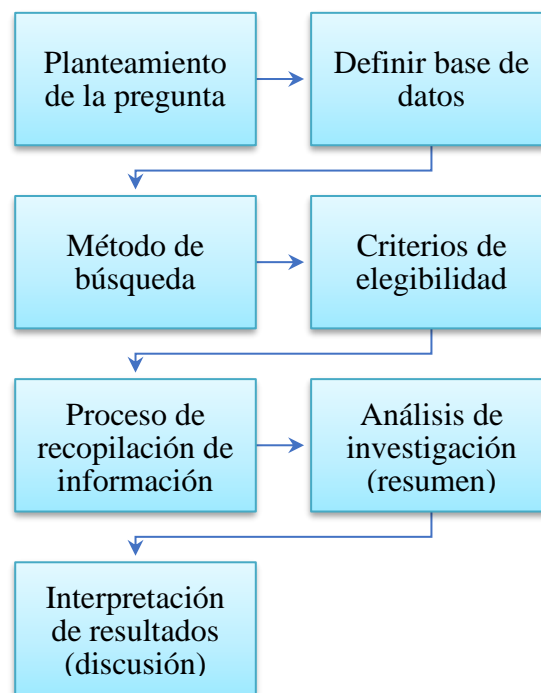


Figura 1. Proceso de revisión sistemática de literatura (Brereton, et al., 2007; Pollock, 2017).

La búsqueda de información fue a través de fuentes como Scopus, Springer y Google Scholar que incorporan una selección importante de revistas científicas, para identificar las fuentes bibliográficas más relevantes y actuales (desde el año 2000) en relación al tema del presente trabajo.

Mediante la revisión se determinó que existe poca investigación reciente que se base en aplicaciones de materiales acústicos en las industrias de textil. Se identificaron 16 artículos relevantes para el análisis del estudio. La Figura 2 presenta un diagrama prisma que detalla el proceso de identificación y resultados de la búsqueda, llevado a cabo mediante el uso de la metodología SRL.

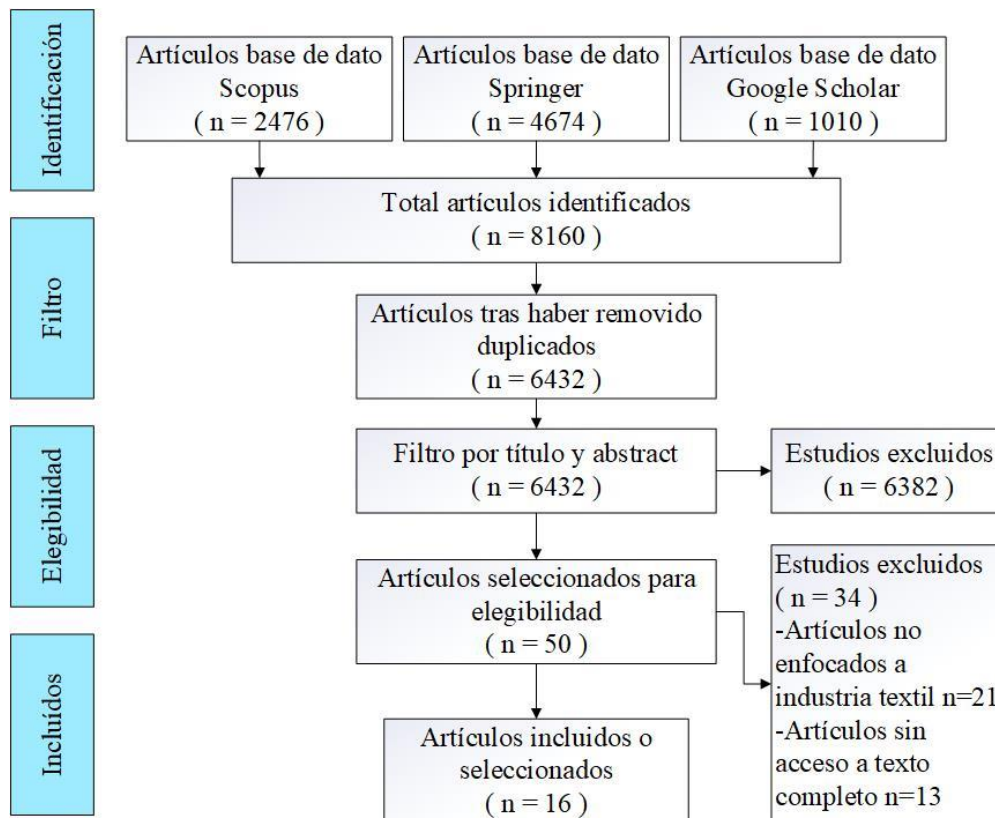


Figura 2. Diagrama prisma filtro de búsqueda (Hecho por el autor).

Si bien la literatura disponible sobre ruido es amplia y aborda una serie de cuestiones relacionadas a la salud humana, los artículos que discuten técnicas de mitigación e implementación del ruido en industrias textiles son escasas. Por ejemplo, en investigaciones y casos de estudios sobre implementación de materiales acústicos en las fuentes de sonido, y el impacto de barreras acústicas en la salud de los trabajadores.

En la industria textil se encuentran fuentes fijas que emiten ruidos de baja frecuencia (< 500 Hz), y ruidos de alta frecuencia (> 1000 Hz) (Hashemi, et al., 2014). Los niveles de ruido



emitido por fuentes fijas exceden las normas sobre ruido. La exposición diaria de los trabajadores a diversas frecuencias sonoras los pone en riesgo de daños y hasta pérdida auditiva, por lo cual este tipo de frecuencias son los problemas principales de salud en los trabajadores de las fábricas de textiles (Hasanuzzaman & Bhar, 2016; Nguyen, et al., 1998).

Para solucionar estos problemas, la literatura evidencia dos formas de controlar el ruido generado por la fuente a través del uso de materiales acústicos. La primera es a través del “*tratamiento en la fuente*” implementando barreras parciales al frente o a rededor de la unidad. La segunda es a través de “*tratamiento de trayectoria*”, aplicando materiales absorbentes acústicos para bloquear, absorber o disipar el sonido transmitido a través del aire (Nezafat & Monazzam, 2007; Perlikowski, 2005; Jayawardana, 2014). Los materiales absorbentes se utilizan principalmente para controlar el sonido que se dispersa a través del aire que rodea al equipo, la implementación de estos materiales ayuda atenuar e incluso eliminar el sonido proveniente de la fuente evitando dicha propagación del ruido hacia el entorno (Nejad & Fleury, 2019).

En los últimos años, estudios experimentales y prácticos han demostrado la eficacia de varios materiales acústicos para atenuar o eliminar el ruido nocivo. Monazzam y Nezafat (2007) , demostraron un medio de control de ruido para máquinas de hilar basado en mediciones experimentales, éste consistía en una barrera parcial de vidrio claro de 6mm de espesor con altura efectiva de 25 cm de frente (medida acorde a la longitud del movimiento de la bobina), donde el borde inferior de la barrera estaba a 63 cm sobre el suelo, la longitud de la barrera debido a la longitud de la máquina era de 4,6 m (dividido en cuatro secciones de 1,15 m por 25 cm), y sujeto por un marco de hierro a 9 cm de la fuente. Dicha barrera permitía visualizar fácilmente el punto de operación. Los niveles de presión sonora antes y después de la instalación de la barrera se midieron en diferentes alturas en línea paralela a la barrera, y los

resultados de cada línea se promediaron para asegurar de que se presente la presión sonora a un determinado nivel de ruido. Tras los análisis, los resultados demostraron que se logró reducir la presión sonora en hasta 2 dB.

Por otra parte, el estudio realizado en Irán en el año 2014 por Hashemi, et al., se enfocó en la evaluación de contaminación acústica en la industria del tejido. Tras la evaluación, se calculó el nivel de ruido general en la fábrica textil, luego realizaron análisis de frecuencia en las líneas de máquinas. Los respectivos resultados mostraron que el nivel de presión sonora más alto fue de 98,5 dB y el más bajo de 95,1 dB. Luego de los análisis de presión sonora, se implementaron elementos absorbentes como paneles de espuma de poliestireno en el techo del cuarto de máquinas, y a su alrededor (paredes) alfombras de bucle esponjoso. Tras la implementación de estos materiales acústicos, determinaron que la reducción general del ruido fue de 14,5 dB en el mejor de los casos. La instalación de dos tipos de materiales acústicos demostró que puede mitigar la tasa de generación de ruido de manera considerable.

La implementación de material acústico como un medio para atenuar el ruido, permite controlar los graves problemas del ruido en la industria textil. Este medio es puesto a prueba en el estudio experimental de Jayawardana (2014), donde primero se analizó la calidad del ruido y su distribución dentro de la fábrica textil. Tras el estudio el autor determinó que el nivel del ruido en la fábrica superaba los 95 dB, por lo tanto, la implementación de mecanismos de control del ruido fue indispensable. Basado en el estudio, se implementó un diseño apropiado para el control del ruido. Los materiales implementados fueron baldosas acústicas, junto con absorbente acústico de duraboard, que es una placa de cemento reforzado con fibras aglutinantes. La instalación de estos elementos absorbentes fue en el techo de las máquinas, para reducir el nivel del ruido emitidos por las fuentes. Los resultados demostraron que, al implementar estos materiales, se redujo el nivel del ruido hasta en 10 dB. En paralelo,

demonstraron que el uso combinado de diferentes materiales absorbentes de sonido tiene mayores horizontes en el control de ruido y prevención a enfermedades como hipoacusia.

Como se ha mencionado, el problema del ruido en exceso en la industria es posible ser controlado a través de técnicas de mitigación de ruido por medio de barreras de distintos materiales con distintos tamaños y en diferentes posiciones. Talukdar (2001), en su estudio de evaluación del ruido en telares automáticos, afirmó que la implementación de materiales acústicos proporciona una reducción sustancial del ruido. Además, para un mayor rendimiento de mitigación de ruido se recomienda encapsular totalmente la fuente de sonido con materiales absorbentes, a pesar de que esto puede presentar inconvenientes de monitoreo, accesibilidad, operación, mantenimiento, flujo de material, calor y humedad indeseados. Así también, su estudio menciona que, al revestir paredes interiores con materiales absorbentes de ruido, se puede capturar y disipar una cantidad significativa de la energía acústica que incide y rebota en las paredes. Para el recubrimiento total de la fuente de sonido, el material sugerido acorde al autor es la implementación de mezcla de lana y polipropileno en máquinas de hilar y tejer. La instalación combinada de estos tipos de material fonoabsorbente ayudó reducir la presión sonora en hasta 3 dBA.

Otra de las soluciones alternas para mitigar el ruido en máquinas de tejer según Perlikowski (2005), es encapsulando la maquinaria en carcasas de aislamiento acústico de manera individual. Para poder aplicar esta técnica de encapsulado acústico, el autor realizó mediciones de nivel de ruido en distintas fuentes. Tras comprobar dichas mediciones se instalaron carcasas insonorizantes hechas de placas ligeras, en su parte superior se instaló un canal para el flujo de aire, regulado por un silenciador acústico. El silenciador acústico a su alrededor contenía lana mineral, el uso de este material se debe por su elevado coeficiente de absorción de la energía sonora. El encerramiento por carcasas insonorizantes, más la

implementación del silenciador de lana mineral, permitió reducir el ruido fuera de la carcasa en hasta 30 dB.

La implementación de distintos tipos de materiales como cielorraso, absorbente de pared y tratamiento del piso de las máquinas, resultó en atenuaciones de 7 dB en medio de los telares y hasta 12 dB en las áreas periféricas. Esta reducción de ruido generalmente fue eficaz para frecuencias más altas, mientras que en las frecuencias bajas la atenuación fue aproximadamente la mitad de los valores mencionados (Mills, 2008). Otro enfoque ha sido el uso de fieltro adhesivo de absorción acústico, para atenuar el ruido generado específicamente por las piezas mecánicas en movimiento. El material se aplicó en las puertas y cubiertas de la máquina, de modo que se aislaron todas las cubiertas alrededor de los componentes mecánicos que generan mayor ruido en cada maquinaria textil. La implementación de esta técnica de reducción ayudó a atenuar el ruido general en 3 dB (Page, 2006).

El control del ruido a través del uso de materiales acústicos en la industria textil aporta efectos positivos en la salud humana. Virginies (2015), destacó la importancia y los beneficios que brinda los materiales acústicos tras su implementación en las industrias. Según el autor, el beneficio en los trabajadores tras la aplicación de materiales acústicos, como control del ruido a la fuente, ayuda a reducir y prevenir el riesgo de pérdida auditiva inducida por el ruido, reduce los efectos asociados por el ruido en la salud de los empleados y reduce la dependencia general de protección auditiva, así también mejora las condiciones de comunicación entre trabajadores dentro del área laboral. El autor afirma que aplicar control de ruido en la fuente no solo causa beneficio en los empleados, si no también impacta de manera positiva al empresario. El control de ruido favorece a la empresa en reducir los costos a largo plazo, como gastos asociados a exámenes y tratamientos médicos auditivos, evita pagar indemnizaciones en caso de accidentes o enfermedades ocupacionales por ruido, impide gastos permanentes en adquirir equipos de

protección personal, ayuda a la empresa a cumplir las normas regulatorias de Seguridad y Salud Ocupacional, y reduce el impacto de ruido en la comunidad aledaña.

Teniendo en cuenta a Ejigu (2019), el control de ruido en las industrias textiles es benéfico debido a que los trabajadores son más eficientes y productivos al estar libres de la contaminación por ruido. Además, manifiesta que una industria con nivel de ruido controlado brinda seguridad en salud de los trabajadores, con ello los efectos psicológicos y fisiológicos en los trabajadores son mínimos. Los resultados para la empresa, por el rendimiento adecuado de los trabajadores son altos, ya que los trabajadores pueden desarrollar sus actividades a plena capacidad.

### **Método de Análisis de Información**

El método de análisis de información permite analizar sistemáticamente datos informativos y deducir las relaciones entre los mismos. Permite estudiar y discernir datos cualitativos y cuantitativos a través de análisis de estudio literario (Carbajal, 2016; Garcés et al., 2007). A continuación, se describe el método de análisis de información que consta de cuatro fases a saber:

Fase 1. Recogida de datos: en esta fase se enlisto los distintos materiales acústicos sugeridos en la literatura, las características del material, reducción de (dB), inflamabilidad, resistencia a temperatura, espesor del material, coeficiente de absorción acústica y térmica, densidad superficial, y la factibilidad del material para distintas frecuencias.

Fase 2. Reducción de datos: tras esta fase se excluyó los parámetros o propiedades del material como la densidad superficial y coeficiente de absorción térmica, debido a que la literatura no presenta información completa de estos parámetros para cada tipo de material enlistado, por lo tanto, estos parámetros no contribuyen en la fase 4.

Fase 3. Disposición de datos: esta etapa facilitó la comprensión y el análisis de datos recopilados, tras ello, se modificaron unidades de medida con la finalidad de enlistar los datos en unidades homogéneas, y se detalló únicamente datos con información completa que pueda ser comparada. El Anexo A enlista los materiales y sus respectivas propiedades sugeridos en la literatura revisada.

Fase 4. Verificación de coherencia con la realidad: esta fase permitió verificar y validar si la lista de materiales sugeridos en la literatura es posible de ser adquirida de manera fácil localmente. La validación de estos materiales se investigó considerando variables como costo del material, beneficios, espesor del material y su disponibilidad en el mercado nacional.

La verificación y validación es válida y necesaria, debido a que la literatura sugiere usar distintos tipos de materiales especiales que ayudan a controlar el ruido. Sin embargo, considerando la realidad local en cuanto a la aplicación de materiales especiales, no todos son posibles de adquirir e implementar. Por lo tanto, ésta etapa apoyó la verificación y facilitó enlistar materiales asequibles a la realidad nacional. Este proceso se llevó a cabo, mediante comunicación personal con los principales proveedores y puntos de venta de elementos acústicos a nivel nacional. Además, con la finalidad de ampliar la investigación de uso de materiales acústicos para control del ruido, se realizó nuevas investigaciones de tipos de materiales que se asemejan a las recomendaciones de la literatura y que son aplicados en otras industrias de manufactura. Tras la nueva investigación se recopiló materiales como: lana mineral, vidrio laminado y plancha de yeso, que son materiales similares a las recomendaciones de la revisión literaria y que son aplicados en industrias (Kanteyan, et al., 2017; ROCKWOOL, 2016). La Tabla 1 enlista los materiales que se han determinado como adecuados y fáciles de adquirir localmente.

Tabla 1. *Materiales adecuados y fáciles de adquisición acorde al medio local.*

<b>Material</b>	<b>Característica</b>	<b>Inflamable</b>	<b>Recomendado para frecuencias</b>	<b>Espesor</b>	<b>Costo \$ (m2)</b>
Vidrio Claro	Facilidad de visualizar el punto de operación Crea ambientes atractivos y modernos	No inflamable	Para altas frecuencias	6 mm	< 12 (6 m2)
Espuma de poliestireno	Absorbente acústico y térmico Resistente a la humedad y golpes Estéticamente agradable Fácil de instalación y liviano	No inflamable	Para altas frecuencias	25 mm	< 3
Baldosa acústica (cielo raso)	Resistente al fuego y humedad Inhibidor de hongos y peso ligero	No inflamable	Para alta frecuencia	15 mm	< 18
Lana mineral	Absorbente acústico y térmico Resistente al fuego y humedad	No inflamable pero nocivo a la salud	Para altas frecuencias	60 mm	< 4
Vidrio laminado	Disminuye de baja frecuencia Excelente desempeño óptico	No inflamable	Para bajas frecuencias	6 mm	< 19 (6 m2)
Plancha de yeso (gypsum)	Material resistente Resistente a la humedad y golpes Estéticamente agradable y fácil de instalación	No inflamable	Para bajas y altas frecuencias	20 mm	< 6

Fuente: (COVINHAR; SICON; & MegaKywi, comunicación personal, 10 de noviembre de 2020).

### **Propuesta de materiales acústicos**

Anteriormente, se mencionó que las máquinas de industria textil generan frecuencias bajas y altas. La variación del tipo de frecuencia es generada a medida que el operador aumenta

la velocidad en las máquinas (Talukdar, 2001). Del mismo modo, como se indicó, antes de que la frecuencia sonora impacte de manera directa al receptor, se puede controlar, atenuar o eliminar el ruido a través de tratamiento de fuente y tratamiento de trayectoria (Nezafat & Monazzam, 2007; Jayawardana, 2014).

Se comprobó que la contaminación acústica es una preocupación profunda en el ámbito social e industrial, siendo la mejor técnica la de reducir el ruido general producido por la maquinaria a través del uso de materiales acústicos. Se hizo hincapié en proporcionar estrategias para el control del ruido de baja y alta frecuencias. Las estrategias consideradas como significativas para reducir la contaminación por este tipo de frecuencias fueron principalmente:

- a. Uso de absorbentes acústicos en las vías de propagación del sonido.
- b. Uso de barreras parciales al frente de la fuente.

En la industria textil, antes de seleccionar un material acústico para control del ruido, se deben tener en cuenta los requisitos o restricciones de importancia como inflamabilidad, efecto a la salud, resistencia a la humedad, durabilidad del material, paisaje estético y la facilidad de instalación. Además, debe tener en cuenta el costo del material y la viabilidad de uso para el tipo de frecuencia a controlar (Hashemi, et al., 2014; Jayawardana, 2014).

En base a las restricciones de importancia que debe tener un material acústico, se hizo una comparación entre las propiedades de cada material listado en la Tabla 1. El análisis se llevó a cabo a través de una matriz de comparación para identificar y proponer materiales específicos que ayuden a controlar frecuencias bajas y altas. La matriz comparativa se aprecia en el Anexo B.



### Uso de materiales absorbentes en las vías de propagación del sonido

A través del análisis de comparación y acorde a la asequibilidad del material absorbente, las superficies que mejor cumplen los requisitos mencionados, para bloquear el sonido transmitido por el aire, son la espuma de poliestireno combinado con plancha de yeso. Esta combinación de fonoabsorbente para el techo del cuarto de las máquinas “*techo acústico*”, controla ruidos de alta frecuencia. La propuesta del techo acústico entre estos dos tipos de materiales absorbentes se aprecia en la Figura 3.

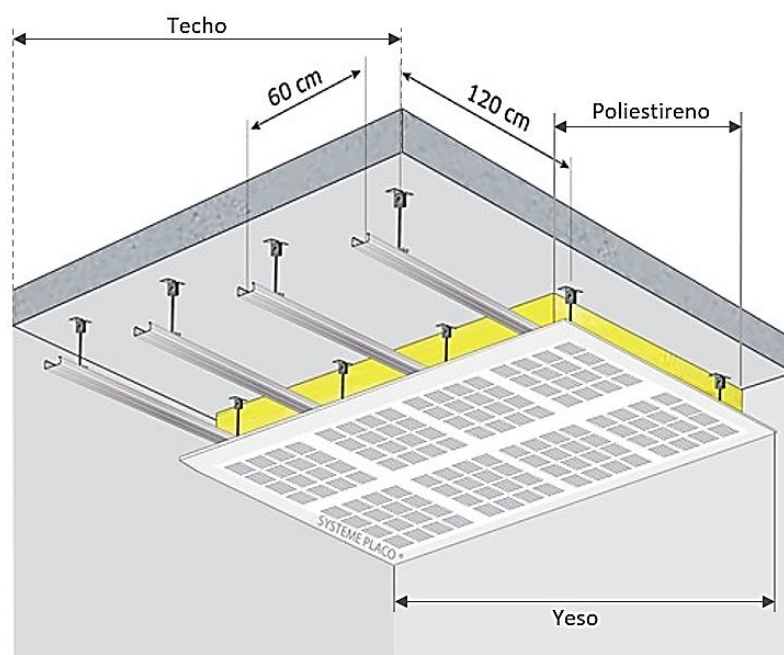


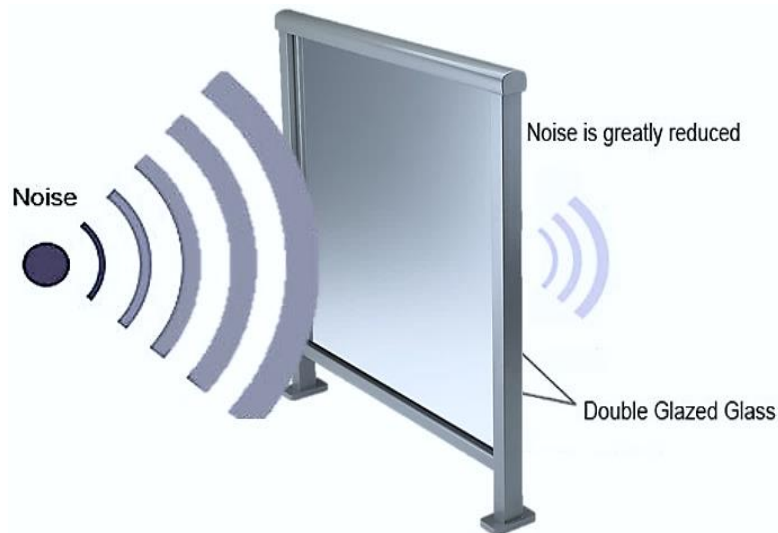
Figura 3. Diseño de techo acústico (Placo, s/f).

Al usar estos materiales como techo acústico, se podría controlar el ruido general dentro de la fábrica textil, mejorando así la exposición de los trabajadores a los límites de ruido recomendado. Además, al usar esta técnica se podría lograr la reducción del ruido a niveles similares a los mencionados en la literatura.

### Uso de barreras parciales frente a la fuente

Algunos estudios señalan que los materiales absorbentes de ruido no muestran un rendimiento significativo frente a ruidos de frecuencia baja. Por tal razón, Jayawardana (2014)

sugiere que, para obtener mejores resultados de reducción de ruido, se debería usar materiales con cámara de aire o materiales con revestimiento de película para cortar dichas frecuencias. En base a ello, y al análisis de comparación se recomienda usar como barrera parcial el doble acristalamiento de vidrio laminado. La barrera se puede colocar lo más cercano posible a la fuente, como se ilustra en la Figura 4.



*Figura 4.* Diseño de la barrera parcial frente a la fuente de sonido (Just Rite, s/f).

El diseño con doble acristalamiento tiene la ventaja de que el espacio vacío entre los vidrios tiene un revestimiento de película (polivinil de butiral PVB, ver Anexo C), para evitar que la onda acústica se transfiera de la fuente al receptor. Además, un vidrio laminado tiene la función de bloquear la onda acústica ya que tiene una estructura dura y disminuye la baja frecuencia causada por vibración de la fuente (Kanteyan, et al., 2017). Así, la barrera debe estar colocada frente al punto de operación de la máquina y opuesto a las piezas mecánicas que generan movimientos verticales causando ruido de frecuencia baja y vibración. El uso de barreras parciales se sugiere exclusivamente para máquinas de hilar y telares, debido a que las piezas mecánicas que generan ruido se localizan en la base de las máquinas, y su diseño

mecánico permite la instalación de barreras sin obstruir la operación. (Nezafat & Monazzam, 2007; Perlikowski, 2005).

Al usar el vidrio laminado como barrera parcial en máquinas de hilar y telares, se podría atenuar el impacto directo de las ondas acústicas en el oído humano. Tras las pantallas acústicas el límite de atenuación que se puede obtener es de hasta 25 (dB) Maekawa (citado por Torres, et al., 2015). Además, se podría reducir el ruido general dentro del área de la industria textil.

### **Costo de implementación material propuesto**

El análisis de costos de implementación de materiales acústicos propuestos para industrias de textil se sujetó a medida de área de habitación, y dimensión de máquina de hilar sugeridos en la literatura y como ejemplo del costo en un caso aplicado, así también se expresa en Dólares de los Estados Unidos. Para el área de techo acústico se consideró una dimensión de 500 m<sup>2</sup> x 5 m de altura (Hashemi, et al., 2014). El costo aproximado de cubrir al área indicada con materiales absorbentes y accesorios de instalación abarca \$2043, los cálculos y detalles se pueden apreciar en Anexo D.

Según Nezafat & Monazzam (2007) una máquina de hilar tiene una longitud típica de 4,6 m. El costo de implementar una barrera parcial para dicha medida rodea los \$35,80 incluidos accesorios de instalación, los detalles se enlistan en el Anexo E. En los análisis mencionados no se consideró el costo de mano de obra debido a ser un costo variable sujeto a quién lo instala. El costo total de implementar estos dos tipos de técnicas de mitigación para el caso propuesto y para las dimensiones especificadas es de \$2078,80. Se determinó que la implementación de estas técnicas es económicamente viable para las empresas y resulta ser una inversión que ofrece interesantes beneficios, particularmente para la salud de los trabajadores. Tras esta implementación se podría omitir los efectos negativos detallados en la literatura, que causa la contaminación acústica en los trabajadores.

## Discusión

Los resultados de la revisión literaria muestran que las técnicas de control de ruido a través de materiales acústicos ayudan a reducir el nivel de presión sonora de 2 dB hasta 30 dB en las industrias de textil. Además, al usar estos materiales para control de ruido se previenen accidentes fisiológicos y psicológicos en los trabajadores, lo cual impacta positivamente en la empresa. La literatura sobre técnicas de reducción de ruido anticipa salud y seguridad laboral en los operadores, por lo que el control de ruido en la fuente es esencial (Talukdar, 2001). En consecuencia, Nezafat & Monazzam (2007), en su estudio afirma que la implementación de pantallas acústicas en la fuente es una alternativa indispensable. De igual forma Talukdar (2001), menciona que un mayor rendimiento de control del ruido es mediante encapsulado total a la unidad.

Esto no siempre es aplicable como lo destaca Hashemi, et al., (2014), especialmente para maquinarias en fase de operación. Además, técnicas de control como encapsulado a la fuente exigen la implementación de máquinas o instrumentos adicionales, como ventiladores centrífugos que ayuden a estabilizar el funcionamiento de la unidad encapsulada, lo que demanda costos adicionales (Perlikowski, 2005). Otra alternativa de control del ruido considerada en varios estudios ha sido la técnica de control del ruido a través de absorción de sonido transmitido por el aire con superficies absorbentes. Según Jayawardana (2014), el enfoque absorbente acústico es una solución razonable cuando el problema del ruido se encuentra en el rango de frecuencia media y alta. Por el contrario, Jayawardana (2014) también señala que este enfoque no es efectivo en bajas frecuencias. Es decir, la interacción de materiales absorbentes a bajas frecuencias no tiene resultados suficientemente satisfactorios. Por tal razón, el estudio de Kanteyan, et al., (2017), sugiere el uso de materiales con cámaras de aire o revestimiento de película para control de frecuencias bajas y bloqueo de ondas acústicas, emitidas por la fuente de sonido con éstas características.

La literatura sobre técnicas de control del ruido que se presenta en este documento también discute si los materiales absorbentes sugeridos en los estudios son efectivos y asequibles a la realidad nacional. Los autores considerados en este estudio presentan distintas técnicas de control especial para reducir el ruido en las fábricas de textil; sin embargo, en la realidad nacional no todas las técnicas sugeridas son posibles de implementar para mitigar problemas acústicos localmente. Con el objetivo de conocer materiales asequibles a la realidad local, se aplicó el método de análisis de información, que permitió sistemáticamente recopilar la información de los materiales sugeridos en la literatura, y con ello se pudo verificar que tipo de materiales son asequibles a la realidad nacional. En el presente trabajo se lista materiales considerados como asequibles a la realidad local. El conocimiento de estos materiales ayudará a tomar decisiones de uso, al momento de planificar el control de ruido. Adicionalmente, se ha sugerido una combinación de materiales absorbentes específicos para el control del ruido a altas frecuencias, y barreras parciales para mitigar frecuencias bajas, como lo destaca Hashemi, et al., 2014; Nezafat & Monazzam, 2007; Kanteyan, et al., 2017, en su estudio de control del ruido a la fuente. La propuesta de estos materiales específicos se sujetó acorde a las propiedades y características que cumple el material, para controlar distintos tipos de frecuencia sonora.

Una limitación en el presente estudio podría ser la metodología de investigación utilizada. Esta metodología fue adoptada principalmente por la amplitud del tema que abarca la contaminación acústica. Como se mencionó anteriormente, el trabajo académico que se ocupa de técnicas de reducción de ruido en la fuente de las industrias textil es escaso, particularmente en el Ecuador, y reducir el alcance fue un desafío. Se recomienda ampliar la investigación a otras áreas y explorar alternativas que no se hayan tratado en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

Basado en la literatura existente, este artículo llevó a cabo una revisión exploratoria de la literatura sobre técnicas de reducción de ruido en las industrias de textil. El estudio se llevó a cabo en un proceso de dos etapas, en la cual, la etapa uno de revisión sistemática de literatura, examinó el nivel de decibelios (dB) que ayuda reducir los materiales acústicos y sus beneficios en las fábricas de textil. La etapa dos de método de análisis de información, analizó y determinó materiales acústicos asequibles a la realidad nacional.

Tras la etapa uno se determinó que, al implementar materiales acústicos para control del ruido, se puede reducir niveles de ruido en 2 dB, 10 dB, 14 dB y hasta 30 dB emitida por la fuente en industrias textil. También se determinó que la aplicación de estos elementos reduce el riesgo de pérdida auditiva inducida por el ruido, previene efectos psicológicos y fisiológicos en los trabajadores, y reduce el impacto de ruido en la comunidad aledaña.

Mediante la etapa dos se determinó que no todos los materiales sugeridos y usados en la literatura son posibles de implementar en la realidad local. Tras esto, el análisis mediante matriz de comparación ayudó a determinar los elementos que mejor se adaptan al mercado, por su facilidad de adquisición y por su precio: espuma de poliestireno, plancha de yeso y vidrio laminado. El uso de estos elementos fue confirmado en los estudios de Hashemi, et al., 2014; Kanteyan, et al., 2017, como apropiados para reducir los niveles de ruido de las máquinas en la industria textil.

En cuanto al análisis del costo de implementación de estos tres materiales, para una área y máquinas dadas como ejemplo, se determinó que es económicamente viable y tiene importantes beneficios para la empresa, ya que reduce gastos asociados a pruebas audiométricas, e impide gastos permanentes en adquirir equipos de protección personal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Industriales Textiles del Ecuador AITE. (2018). *Historia y Actualidad*.  
Obtenido el 3 de octubre 2020 de <http://aite.com.ec/industria.html>
- Bavaresco, G. (2019). *Historia de la seguridad industrial y prevención de accidentes*.  
Obtenido el 2 de octubre 2020 de  
[https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/historia\\_de\\_la\\_seguridad\\_industrial\\_y\\_prevenicin\\_de\\_accidentes.pdf](https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/historia_de_la_seguridad_industrial_y_prevenicin_de_accidentes.pdf)
- Brereton, P., Kitchenham, B. A., Budgen, D., Turner, M., & Khalil, M. (2007). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, 80(4), 571–583.  
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2006.07.009>
- Carvajal, R. S. (2016). *Técnicas de análisis de información*. 1–6. Obtenido el 20 de octubre 2020 de <https://administracionpublicauba.files.wordpress.com/2016/03/tecnicas-de-anc3a1llisis-de-informacic3b3n.pdf>
- Creus, A. (2011). *TÉCNICAS PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES* (Primera). Marcombo. Obtenido el 28 de septiembre 2020 de  
<http://www.digitaliapublishing.com.ezbiblio.usfq.edu.ec/visor/17168>
- Ejigu, A. (2019). Excessive Sound Noise Risk Assessment in Textile Mills of an Ethiopian-Kombolcha Textile Industry Share Company. *Int. Res. Ind. Eng*, 8(2), 105–114.  
<https://doi.org/10.22105/riej.2019.169138.1071>
- Esquerdo, T. V. (2015). *DESARROLLO DE MODELOS DE COMPORTAMIENTO ACÚSTICO Y CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE MATERIALES ELABORADOS CON ALIGERANTES PARA LA CONSTRUCCIÓN. APLICACIÓN A SISTEMAS DE CONTROL DE RUIDO* [Universidad Politécnica de Valencia].  
Obtenido el 1 de octubre 2020 de  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59463/Esquerdo - DESARROLLO DE MODELOS DE COMPORTAMIENTO ACÚSTICO Y CARACTERIZACIÓN EXPERIMENTAL DE MAT....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/59463/Esquerdo%20-%20DESARROLLO%20DE%20MODELOS%20DE%20COMPORTAMIENTO%20ACÚSTICO%20Y%20CARACTERIZACIÓN%20EXPERIMENTAL%20DE%20MAT....pdf?sequence=1)
- Garcés, C., Duque, O., & Edison, J. (2007). INNOVAR. Revista de Ciencias. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 17, 184–194. Obtenido el 20 de octubre 2020 de  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81802912>
- Gómez, A., Espigares, E., & Suasnavas, P. (2013). La percepción del ruido industrial y su relación con las medidas preventivas en una industria textil del Ecuador. *Higiene y Salud Ambiental*, 13(5), 1097–1101. Obtenido el 29 de septiembre 2020 de  
[https://www.researchgate.net/publication/324154674\\_La\\_percepcion\\_del\\_ruido\\_industrial\\_y\\_su\\_relacion\\_con\\_las\\_medidas\\_preventivas\\_en\\_una\\_industria\\_textil\\_del\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/324154674_La_percepcion_del_ruido_industrial_y_su_relacion_con_las_medidas_preventivas_en_una_industria_textil_del_Ecuador)

- Hasanuzzaman, & Bhar, C. (2016). Indian textile industry and its impact on the environment and health: A review. *International Journal of Information Systems in the Service Sector*, 8(4), 33–46. <https://doi.org/10.4018/IJISS.2016100103>
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS. (2016). *Resolución D.C. 513 Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo*. Quito. Obtenido el 2 de octubre 2020 de [https://sart.iess.gob.ec/DSGRT/norma\\_interactiva/IESS\\_Normativa.pdf](https://sart.iess.gob.ec/DSGRT/norma_interactiva/IESS_Normativa.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. (2012). *Análisis sectorial*. Quito. Obtenido el 3 de octubre 2020 de <http://www.inec.gob.ec/cenec/index>.
- Jayawardana, T. S. S., Perera, M. Y. A., & Wijesena, G. H. D. (2014). Analysis and control of noise in a textile factory. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(12). Obtenido el 8 de octubre 2020 de [www.ijsrp.org](http://www.ijsrp.org)
- Just Rite. (s/f). *Properties of Double Glazed Units*. Just-Rite. Obtenido el 13 de diciembre 2020 de <https://doubleglazing-justrite.com.au/properties-of-double-glazed-units/>
- Kanteyan, M. S., Utami, S. S., Prasetyo, I., & Yanti, R. J. (2018). Sound insulation design improvement for reducing noise of paper factory office. *Journal of Physics: Conference Series*, 1075(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1075/1/012060>
- Mills, R. O. (2008). Noise Reduction in a Textile Weaving Mill. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 30(1), 71–76. <https://doi.org/10.1080/00028896909343082>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador MAE. (2017). *Ecuador le dice NO AL RUIDO*. Quito. Obtenido el 28 de septiembre 2020 de <https://www.ambiente.gob.ec/hoy-ecuador-le-dice-no-al-ruido/>
- Monazzam, M., Hashemi, Z., Golmohammadi, R., & Zaredar, N. (2014). A passive noise control approach utilizing air gaps with fibrous materials in the textile industry. *Journal of Research in Health Sciences*, 14(1), 46–51. <https://doi.org/10.34172/jrhs14989>
- Nejad, F., & Fleury, R. (2019). Active times for acoustic metamaterials. *Reviews in Physics*, 4(April), 100031. <https://doi.org/10.1016/j.revip.2019.100031>
- Nezafat, A., & Monazzam, M. R. (2007). ON THE APPLICATION OF PARTIAL BARRIERS FOR SPINNING MACHINE NOISE CONTROL: A THEORETICAL AND EXPERIMENTAL APPROACH. *Iranian Association of Environmental Health (IAEH)*, 4(2), 113–120. Obtenido el 18 de octubre 2020 de <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/62061>
- Nguyen, A. L., Nguyen, T. C., Le Van, T., Hoang, M. H., Nguyen, S., Jonai, H., Villanueva, M. B. G., Matsuda, S., Sotoyama, M., & Sudo, A. (1998). Noise levels and hearing ability of female workers in a textile factory in Vietnam. *Industrial Health*, 36(1), 61–65. <https://doi.org/10.2486/indhealth.36.61>



- Ordoñez, M. (2015). Los dos lados de la tela. *Revista Gestión*, 255(i), 52–59. Obtenido el 3 de octubre 2020 de [https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy\\_pdfs/255\\_004.pdf](https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/255_004.pdf)
- Page, J. D. (2006). Textile Machine Noise Control. *IEEE Transactions on Industry Applications*, IA-8(4), 472–476. <https://doi.org/10.1109/TIA.1972.349838>
- Perlikowski, M. (2005). Noise suppressor for the textile industry. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 13(1), 80–84. Obtenido del 22 de octubre 2020 de [http://www.fibtex.lodz.pl/49\\_23\\_80.pdf](http://www.fibtex.lodz.pl/49_23_80.pdf)
- Placo. (s/f). *Plafond décoratif et aoustique Gyptone*. PLASCO. Obtenido el 30 de noviembre 2020 de <https://www.placo.fr/placolog/Solution/SP00004565/Plafond-decoratif-et-acoustique-Gyptone-R-Activ-Air-R-Quattro-40-aw-0-7-Plenum-200#>
- Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138–156. <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores. (1986). *Decreto Ejecutivo 2393*. Quito. Obtenido el 28 de septiembre 2020 de <https://www.gob.ec/regulaciones/decreto-ejecutivo-2393>
- ROCKWOOL, T. I. (2016). *SeaRox Marine & Offshore Insulation Acoustic Manual*. Obtenido el 21 de octubre 2020 de [https://rti.rockwool.com/siteassets/tools--documentation/documentation/marine--offshore-global/brochures/rti-brochure-searox-acoustic-manual\\_int\\_en.pdf](https://rti.rockwool.com/siteassets/tools--documentation/documentation/marine--offshore-global/brochures/rti-brochure-searox-acoustic-manual_int_en.pdf)
- Salazar, A. M. (2012). *Pérdida auditiva por contaminación acústica laboral en Santiago de Chile* [Universitat de Barcelona]. Obtenido el 28 de septiembre 2020 de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/98298/AMSB\\_TESIS.pdf;jsessionid=34A7844F591BB7D5F8ABEC360230F30A.tdx2?sequence=1](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/98298/AMSB_TESIS.pdf;jsessionid=34A7844F591BB7D5F8ABEC360230F30A.tdx2?sequence=1)
- Talukdar, M. K. (2001). Noise pollution and its control in textile industry. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 26(1–2), 44–49. Obtenido el 20 de octubre 2020 de <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/24912>
- Torres, P., Bravo, M., Redondo, J., Ferri, M., & Sánchez, J. (2015). *Pantallas acústicas abiertas* (Vol. 6). PTC. Obtenido el 20 de octubre 2020 de <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/24912>
- Virginis, J. (2015). *La prevención contra el ruido en el ambiente de trabajo* [Universidad Nacional de Tres de Febrero]. Obtenido el 1 de octubre 2020 de [https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/Virginis\\_tesis\\_2015.pdf](https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/Virginis_tesis_2015.pdf)

**ANEXO A: PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ACÚSTICOS SUGERIDOS EN LA LITERATURA**

<b>Inflamabilidad</b>	<b>Recomendación para frecuencia</b>	<b>Resistencia a temperatura</b>	<b>Reducción de sonido (dB)</b>	<b>Número de veces propuesto</b>	<b>Espesor</b>	<b>Costo</b>
No inflamable	Para altas frecuencias	300 °C	2	2	6 mm	\$
No inflamable	Para altas frecuencias	85 °C	14,5	3	25 mm	x
No inflamable	Para altas frecuencias	170 °C	10	4	15 mm	\$\$
No inflamable pero nocivo a la salud	Para altas frecuencias	1000 °C	10	1	60 mm	\$
No inflamable	Para altas frecuencias	60 °C	3	1	20 mm	x
No inflamable	Para altas y bajas frecuencias	1000 °C.	30	1	x	\$\$\$
No inflamable	Para altas frecuencias	180 °C.	3	1	4 mm	x

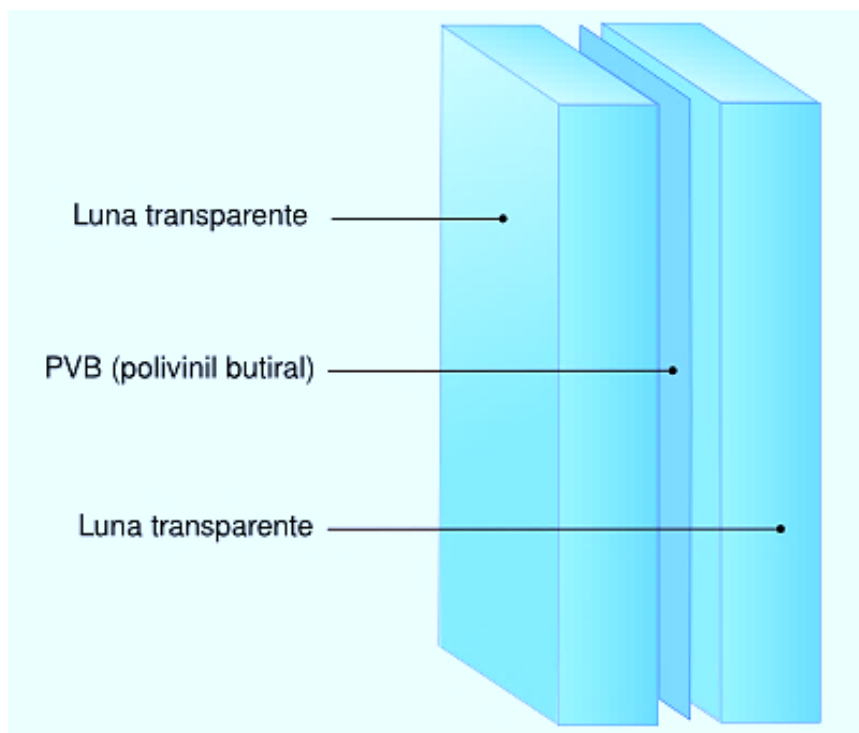
Material	Características
Vidrio Claro	Barrera parcial acústica, facilidad para visualizar el punto de operación.
Espuma de poliestireno ignífugo y alfombra de bucle	Absorbente acústico, resistente a la humedad; estéticamente agradable, fácil de instalación y liviano.
Baldosas acústicas y duraboard acústico	Resistente al fuego y humedad, fácil de instalación, inhibidor de hongos, estética agradable.
Lana mineral	Absorbente acústico, aislamiento térmico, resistente al fuego y humedad.
Polipropileno y mezcla de lana	Material absorbente, buen conductor de humedad y fácil instalación.
Carcasa insonorizante y silenciador acústico de lana mineral	Aísla el sonido, mayor absorción de energía sonora.
Filtro adhesivo acústico	Aislamiento acústico y térmico, resistente a la humedad y fácil instalación.

**ANEXO B: MATRIZ DE COMPARACIÓN DE MATERIALES ASEQUIBLES  
FRENTE A RESTRICCIONES DE MATERIALES ACÚSTICOS**

Paisaje estético	Facilidad de instalación	Puntaje
1	1	6
1	1	5
0	0	3
1	1	6
1	1	6
1	1	6

<b>Producto</b>	<b>Para Frecuencia</b>	<b>Costo \$(m2)</b>	<b>Inflamable</b>	<b>Efecto a la salud</b>	<b>Resistencia a humedad</b>	<b>Durabilidad</b>
<b>Espuma de poliestireno</b>	Alta	< 3	1	1	1	1
<b>Baldosa acústica</b>	Alta	< 18	1	1	1	0
<b>Lana mineral</b>	Alta	< 4	1	0	1	1
<b>Plancha de yeso</b>	Baja y Alta	< 6	1	1	1	1
<b>Vidrio claro</b>	Alta	< 19 (6 m2)	1	1	1	1
<b>Vidrio laminado</b>	Baja	< 12 (6 m2)	1	1	1	1

### ANEXO C: VIDRIO LAMINADO DE PVB



### ANEXO D: TABLA DE COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE TECHO ACÚSTICO

Costo de implementación techo acústico (500 m <sup>2</sup> )					
Materiales y accesorios	Espesor	Cantidad	Costo (ud)	Costo por Cantidad	
Espuma de poliestireno	25 mm	240	\$ 3,00	\$	720,00
Plancha de yeso (gypsum)	20 mm	200	\$ 6,00	\$	1.200,00
Accesorios para gypsum	0,70 mm	205	\$ 0,60	\$	123,00
<b>Costo Total</b>				\$	<b>2.043,00</b>

### ANEXO E: TABLA DE COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE BARRERA PARCIAL

Costo de implementación barrera parcial (Máquina de Hilar)					
Materiales y accesorios	Espesor	Cantidad	Costo (ud)	Costo por Cantidad	
Vidrio laminado	6 mm	1	\$ 19,00	\$	19,00
Perfil de aluminio	0,4 mm	7	\$ 2,40	\$	16,80
<b>Costo Total</b>				\$	<b>35,80</b>
<b>Costo Total de implementar ambos sistemas</b>				\$	<b>2.078,80</b>